

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-354007

(43) 公開日 平成11年(1999)12月24日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 J 1/20  
37/06

識別記号

F I

H 0 1 J 1/20  
37/06

A

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-163208

(22) 出願日 平成10年(1998) 6 月11日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72) 発明者 大嶋 卓

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 西山 英利

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 野副 真理

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

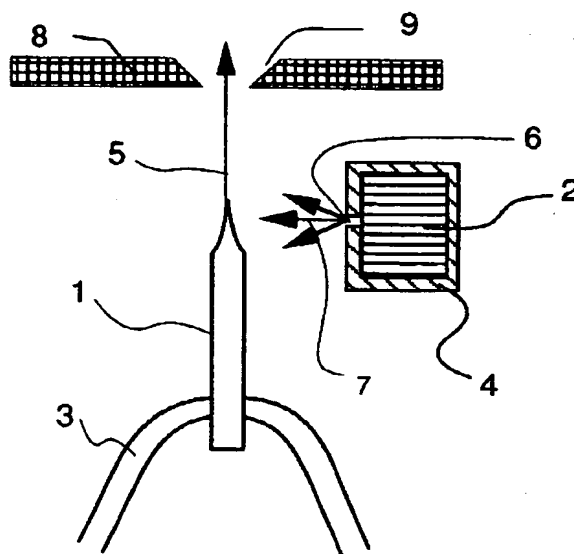
(54) 【発明の名称】 電子源およびそれを用いた電子線装置

(57) 【要約】

【課題】 ショットキー電子源で放出電子エネルギーの単色性の高い電子源の構造およびその電子源を用いた電子線応用装置を提供する。

【解決手段】 先端を針状にした針状電極と上記針状電極を加熱する発熱体と補給源からなる電子源において、補給源から真空中に放出した材料を針状電極に補給する構造とする。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】先端を針状にした針状電極と上記針状電極を加熱する発熱体と補給源からなる電子源において、補給源から真空中に放出した材料を針状電極に補給する構造を有することを特徴とする電子源。

【請求項 2】請求項 1 に記載の電子源において、上記補給源から補給材料を蒸発させて上記針状電極に補給することを特徴とする電子源。

【請求項 3】請求項 1 または 2 に記載の電子源において、上記補給源は補給材料と加熱手段とからなることを特徴とする電子源。

【請求項 4】請求項 1 または 2 に記載の電子源において、上記補給源は補給材料とこれを入れる容器と加熱手段とからなることを特徴とする電子源。

【請求項 5】請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の電子源において、上記補給源は放出口のある導電体容器に補給材料あるいは補給材料と充填剤を充填したことを特徴とする電子源。

【請求項 6】請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の電子源において、補給源材料として  $BaO$  もしくは  $BaCO_3$  もしくは  $Ba(OH)_2$  もしくはそれら以外の  $Ba$  と  $O$  を含む化合物もしくは混合物を 1 モル%以上含むことを特徴とする電子源。

【請求項 7】請求項 6 に記載の電子源において、前記電子放出体の温度を  $1000K \pm 200K$  として使用することを特徴とする電子源。

【請求項 8】請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の電子源において、補給源材料が  $Li$ 、 $Na$ 、 $K$ 、 $Rb$ 、 $Cs$  等のアルカリ金属あるいは  $Be$ 、 $Mg$ 、 $Ca$ 、 $Sr$ 、 $Ba$  等のアルカリ土類金属のうち少なくとも一つの酸化物を 1 モル%以上含むことを特徴とする電子源。

【請求項 9】請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の電子源において、補給源材料が  $Li$ 、 $Na$ 、 $K$ 、 $Rb$ 、 $Cs$  等のアルカリ金属あるいは  $Be$ 、 $Mg$ 、 $Ca$ 、 $Sr$ 、 $Ba$  等のアルカリ土類金属のうち少なくとも一つの硫化物を 1 モル%以上含むことを特徴とする電子源。

【請求項 10】請求項 1 から 10 のいずれかに記載の電子源において、前記電子放出体と対向し、電子を引き出すためのアノード電極を設けたことを特徴とする電子源。

【請求項 11】請求項 10 に記載の電子源において、アノードと電子放出体加熱手段の間で上記電子放出体の近傍に、電子放出体の先端以外からの熱電子放出を抑制するためのサプレッサ電極を備えることを特徴とする電子源。

【請求項 12】請求項 11 に記載の電子源において、少なくとも一つの補給源を上記アノードからみてサプレッサ電極の内側に備えることを特徴とする電子源。

【請求項 13】請求項 10 から 12 のいずれかに記載の電子源において、少なくとも一つの補給源をサプレッサ

電極の外側に備えることを特徴とする電子源。

【請求項 14】請求項 10 から 13 のいずれかに記載の電子源において、少なくとも一つの補給源をサプレッサ電極の外側に備え、アノードに設けた穴を通して補給材料を供給することを特徴とする電子源。

【請求項 15】請求項 14 に記載の電子源において、少なくとも一つの補給源を、アノードに埋め込んだ構造とすることを特徴とする電子源。

【請求項 16】請求項 1 から 15 のいずれかに記載の電子源において、電子放出体として W 単結晶を用いることを特徴とする電子源。

【請求項 17】請求項 1 から 15 のいずれかに記載の電子源において、電子放出体は  $W$ 、 $Pt$ 、 $Ta$ 、 $Mo$ 、 $Zr$ 、 $Ni$ 、 $Pd$ 、 $Re$ 、 $Au$ 、 $Si$ 、 $Ge$ 、 $GaAs$  のうち少なくとも一つあるいはこれらの合金もしくは混合物の単結晶体もしくは多結晶体からなることを特徴とする電子源。

【請求項 18】請求項 1 から 15 に記載の電子源を搭載し、上記電子源からの放出電子を収束させるためのレンズと、収束させた上記放出電子を試料の所定位置に照射させるための偏向器およびステージで構成されていることを特徴とする拡散補給型電子源を用いた電子線装置。

【請求項 19】請求項 18 に記載の電子線装置で、上記試料に回路パターンが形成された基板を用い、上記基板表面の第 1 の領域を一次電子線で走査する工程と、上記一次電子線により上記第 1 の領域から二次的に発生する信号を検出する工程と、検出された信号から上記第 1 の領域の電子線画像を形成する工程と、上記第 1 の領域の電子線画像を記憶する工程と、上記基板の第 2 の領域を一次電子線で走査する工程と、上記一次電子線により上記第 2 の領域から二次的に発生する信号を検出する工程と、検出された信号から上記第 2 の領域の電子線画像を形成する工程と、上記第 2 の領域の電子線画像を記憶する工程と、上記第 1 の領域の記憶された画像と上記第 2 の領域の記憶された画像を比較する工程と、比較結果から基板上回路パターンの欠陥を判定する工程を含む検査を行うことを特徴とする電子線装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は電子線源に係わり、特に単色で輝度の高い電子源を用いた電子顕微鏡などに好適な電子線装置に関する。

【0002】

【従来の技術】電子顕微鏡などの電子線応用機器において、高輝度で安定な電子線を得る電子源として特開平 2-27643 号に記載されているような拡散補給型電子源が用いられている。この拡散補給型電子源においては、図 2 (a) のように先端を針状に尖らせた W 単結晶ワイヤを電子放出体とし、この根本に  $ZrO_2$  の様な拡散源となる材料を接触させて拡散源とし、これを千数百 K に加

熱して拡散源から脱離したZrとOを、W表面に拡散させ、針先端の(100)面にZr/O/W構造を形成して低仕事関数化し、このみから電子放出させていた。

【0003】この場合、拡散原子の影響によりW単結晶先端は図2(b)のように(100)面のみが安定化した構造となっているため、電子放出範囲が狭く輝度が高いという特徴がある。さらに、この(100)面上に吸着したZr/Oは、ほぼ1分子層程度で安定しており、表面原子がイオン衝撃や蒸発で失われても、拡散により常に一定量となるように補給される結果、長期間にわたり低ノイズでかつドリフトも少ないという特徴がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ZrO<sub>2</sub>を用いた拡散補給型電子源は、放出される電子線のエネルギー幅が最小でも0.4eV程度あり、W(310)冷陰極電子源に比べて放出する電子のエネルギー幅が広く、電子線装置として用いる場合に色収差が大きくなるという欠点があった。ショットキー電子源では、熱電子放出が支配的となるためである。これを解決するには動作温度を下げる事が有効であり、それに伴い拡散材料は低仕事関数のものを用いる必要がある。たとえば、Zrの代わりにBaを用いると動作温度を1800Kから1000K程度に下げて、ショットキー電子放出することをつきとめた。この結果、エネルギー幅は0.2eV程度と狭くできる。しかしこの場合、低温化のために拡散材料の供給が少なく、また材料自身の蒸気圧が高いために蒸発量が多く、従って放出電子線量が不安定で寿命が短いという問題があった。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記問題を解決し、低温で安定に動作する単色で輝度の高い電子源を得るためには、電子放出体の先端に所望の動作温度でも十分な量の拡散材料を供給すればよい。このために本発明では、先端を針状にした針状電極と上記針状電極を加熱する発熱体と補給源からなる電子源において、補給源から真空中に放出した材料を針状電極に補給する構造とする。

【0006】

【発明の実施の形態】(実施例1)図1は電子放出体1としてW(100)単結晶の棒を電子放出体加熱手段3であるWのヘアピン型フィラメントに溶接し、電解エッチングにて先端を針状に形成し、これを真空中に導入し、1250℃ 30分間の加熱を行って先端を曲率半径0.3~0.6μm程度に鈍化した電子源と、BaO粉末をコロジオン溶液などの粘結剤と混ぜ、塗布、焼結して得た拡散原子の補給源2をケーシング4中に入れたものと、アノード8で構成された電子源である。

【0007】ケーシング4を直接通電加熱により1000Kから1400Kに加熱し、補給材料の放出口6から補給材料のフラックス7を得る。この結果、電子放出体1であるWにBaOが付着する。一方電子放出体1は加

熱手段3であるWフィラメントの通電加熱により1000K±200Kに保たれており、付着したBaOは表面拡散しながら蒸発して行くが、近い場所に先端の(100)面があるため、ここにBa/O/W低仕事関数構造を形成する。

【0008】電子源はアノード8に対して負の電圧をかけることにより、仕事関数の低下した先端からショットキー放出電子が得られ、電子ビーム5となって取り出される。このとき、仕事関数が1.2~1.7eV程度に下がり、その結果、電子線4のエネルギー幅は、0.2eV以下と単色のものが得られる。

【0009】また、電子放出面も図2(b)のように小さい(100)面となり、高輝度の電子線源が得られる。この結果、収差を低減できるためより高分解能の電子顕微鏡を製作することができる。BaOは仕事関数が低く、また、金属部品に吸着すると仕事関数を下げる働きがあるため、加熱により補給源付近から熱電子が出やすい。その場合には補給源の電位をプラスにすれば、電子放出を抑えることができる。

【0010】実施例1では蒸発源としてBaOのみを用いたが、BaOを発生するものであれば同様の効果がある。例えば、BaCO<sub>3</sub>、Ba(OH)<sub>2</sub>を用いてもよい。また、長時間蒸気圧を持続させるために、高融点材の粉末例えば、アルミナやジルコニアなどと混ぜてもよい。

【0011】さらに、図4(a)に示す断面のように、放出口付近にワイヤ42をおいてもフラックスを安定化させる効果がある。このとき、ワイヤ42を通電加熱すると一層効果がある。また、図4(b)のようにBaO補給源をるつぼ43にいれ、まわりの発熱体44により加熱してもよい。この場合BaOフラックスは強い指向性が出るので、電子放出体1の先端に集中的にBaOを供給することができ、蒸発量が少なくてすむので長寿命になるという利点がある。また、電子源のフィラメント3に付着するBaOが極めて少なくなるので、ここからの熱電子放出が少なくなるという利点もある。

【0012】電子放出体1以外に発熱体3からの熱電子が多く障害となる場合には、これを抑えるため、図3(a)、(b)に示すようにサプレッサ32を設けるとよい。この場合サプレッサ内部に蒸発源33を入れるとここからの熱電子発生も防げるので、電子放出体1と近い電位で用いることができる。蒸発源33としては図4(c)のように、補給源がヒータ線46のコイル中にあるような覆いのない構造でも、熱電子発生が抑えられるために用いることができる。この場合より安価に形成することができるという利点がある。

【0013】また、蒸発源33を図3(b)のように電子放出体1に対して環状に配すると電子放出体1の広い範囲にBaOを付着することができ、信頼性が向上する。このときの蒸発源33の断面を図4(a)のように

し、一方向のみに蒸発させると一層効果がある。

【0014】また、図5(a)のようにアノード50に穴52を設け、これを通してつば43から材料のフラックス7を供給してもよい。この場合、電子放出体1の先端に直接BaOを蒸着できるので、多くの電流を放出できるという特徴がある。また、他の部分にかかるBaOが少ないので熱電子放出が少なく、サブレッサを不要とすることもできる。この場合蒸発源としてはつば以外のものでも同様の効果があり、例えば、図5(b)のように、アノードに蒸発源53を埋め込んでよい。

【0015】本実施例では電子放出体1には何もつけていないが、図2(a)のように、予め拡散材料BaOをつけておいてもよい。この場合、表面拡散により供給されるBaOのうちBaの抜ける速度が速くなるため、補給源2からBaを蒸着して供給すれば長時間安定化可能となる。Baを蒸発させるため、ゲッタ作用により電子銃室の真空が良くなるという利点がある。Baのかわりに、拡散材料にCsOを用いてもCsを蒸着で供給すれば室温付近で安定に動作し、エネルギー幅0.1eV程度の単色電子源が得られる。

【0016】本実施例では、補給源2の拡散材料としてBaOを用いたが、SrO、CuO等を用いても同様の効果がある。また、これら以外の拡散材料でも本発明の構造を用いれば、電子放出体上で仕事関数を低下させる材料であれば同様の効果がある。例えば、Li、Na、K、Rb、Cs等のアルカリ金属あるいはBe、Mg、Ca、Sr、Ba等のアルカリ土類金属のうち少なくとも1つの酸化物或いは硫化物あるいはフッ化物を1モル%以上含む材料を用いても同様の効果がある。

【0017】また本実施例では、電子放出体1としてWを用いたが、これ以外に例えばPt、Ta、Mo、Zr、Ni、Pd、Re、Au、Si、Ge、GaAs等の材料を使用しても同様の効果がある。また、蒸着で供給するために電子放出体1の先端の方位は必ずしも(100)面だけでなく(111)、(110)面でも先端に面があれば同様の効果がある。また、必ずしも単結晶である必要はなく、電子放出体1として多結晶を用いても同様である。この場合、電子源のコストが下げられるという利点がある。

【0018】(実施例2) 実施例1に記載の電子源を搭載した半導体基板外観検査用走査型電子顕微鏡の例を図6に示す。この装置は、室内が真空排気される検査室603と、検査室603内に被検査基板609を搬送するための予備室(本実施例では図示せず)を備えており、この予備室は検査室603とは独立して真空排気できるように構成されている。また、この装置は上記検査室603と予備室の他に制御部606、画像処理部605から構成されている。検査室603内は大別して、電子光学系604、二次電子検出部607、試料室608から構成されている。

【0019】電子光学系604は、本発明の電子源601(サブレッサ電極602、アノード611付き)、コンデンサレンズ612、ブランキング用偏向器613、走査偏向器615、絞り614、対物レンズ616、反射板617、E×B偏向器618から構成されている。二次電子検出部607のうち、二次電子検出器620が検査室603内の対物レンズ616の上方に配置されている。二次電子検出器620の出力信号は、検査室603の外に設置された二次電子検出部607により増幅され、AD変換機によりデジタルデータとなり画像処理部605に送られる。試料室608は、試料台630、XYステージ631、ステージ制御部633、被検査基板高さ測定器634から構成されている。

【0020】装置各部の動作命令および動作条件は、制御部606から入出力される。制御部606には、あらかじめ電子線発生時の加速電圧、電子線偏向幅、偏向速度、二次電子検出装置の信号取り込みタイミング、試料台移動速度等々の条件が、目的に応じて任意にあるいは選択して設定できるよう入力されている。制御部606

は、補正制御回路632を用いて、ステージ制御部633、被検査基板高さ測定器634の信号から位置や高さのずれをモニタし、その結果より補正信号を生成し、電子線が常に正しい位置に照射されるよう対物レンズ電源662や走査偏向器661に補正信号を送る。

【0021】被検査基板609の画像を取得するためには、細く絞った電子線619を上記被検査基板609に照射し、二次電子651を発生させ、これらを電子線619の走査およびステージ631の移動と同期して検出することで上記被検査基板609表面の画像を得る。

【0022】このような装置を用いて、半導体回路の基板の画像の取得を試みた。その結果、本装置では従来のZr/O/Wを用いた場合と比較して、同じエネルギー幅では約10倍の電流密度が得られるため、約10倍の高速化が可能となった。なお、この装置以外にも走査型電子顕微鏡、もしくは透過型電子顕微鏡等に本電子源を利用することにより検査スループット(観察速度)向上が実現できた。さらに、エネルギー幅もZr/O/Wと比較して狭いので、分解能の向上も実現できた。

【0023】

【発明の効果】本発明によれば、安定性が良く高輝度で単色性のよい電子線を得ることができる。これを用いて、高分解能の電子顕微鏡や、高性能の電子線応用装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の電子線源の縦断面図。

【図2】従来の電子線源の問題点の説明図。

【図3】本発明の一実施例の電子線源の縦断面図。

【図4】本発明の一実施例の電子線源の縦断面図。

【図5】本発明の一実施例の電子線源の縦断面図。

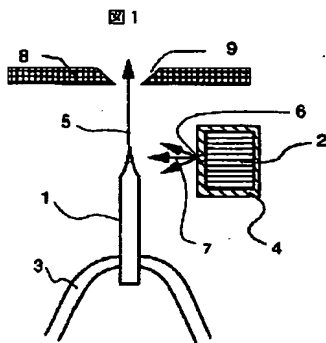
50 【図6】本発明の一実施例の電子線装置の縦断面図。

## 【符号の説明】

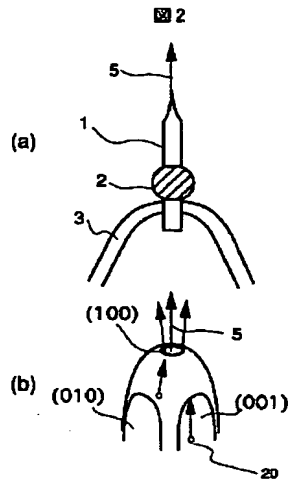
1…電子放出体、2…補給源、3…電子放出体加熱手段、4…補給源加熱手段、5…電子線、6…補給材料の放出口、7…補給材料のフラックス、8…アノード、9…電子線用穴、20…表面拡散原子、30…碍子、31…電極、32…サブレッサ、33…蒸発源、34…蒸発源用配線、40…ケーシング、41…混合粉体、42…ワイヤ、43…るつぼ、44…発熱体、45…配線、46…ヒータ線、50…アノード、51…電子線用穴、52…補給用穴、53…埋め込み蒸発源、601…本発明による電子源、602…サブレッサ電極、603…検査\*

\*室、604…電子光学系、605…画像処理部、606…制御部、607…二次電子検出部、608…試料室、609…被検査基板、611…アノード、612…コンデンサレンズ、613…ブランキング偏向器、614…絞り、615…走査偏向器、616…対物レンズ、617…反射板、618…E×B偏向器、619…電子線、620…二次電子検出器、630…試料台、631…X Yステージ、632…補正制御回路、633…ステージ制御部、634…被検査基板高さ測定器、635…リタージング電源、661…走査偏向器、662…対物レンズ電源、651…二次電子。

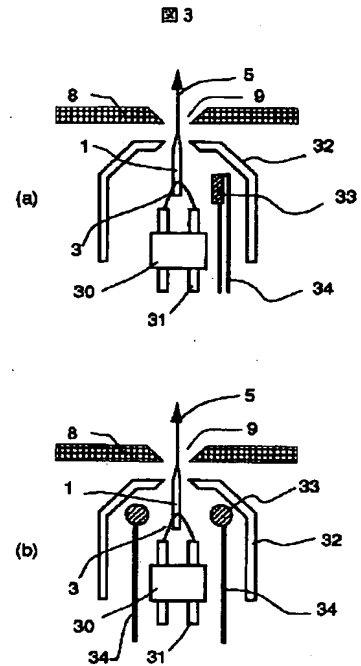
【図1】



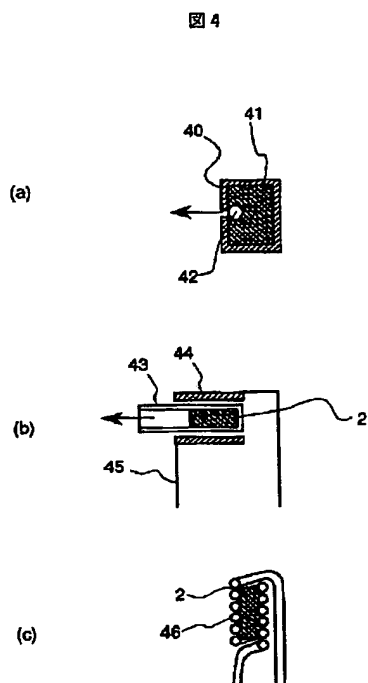
【図2】



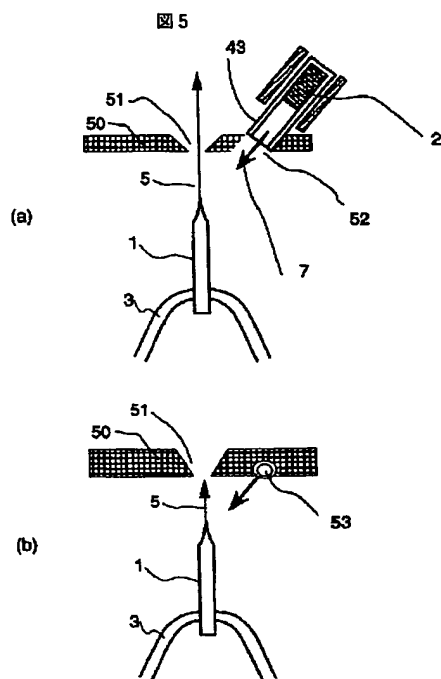
【図3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

図 6

